

VHS-NAUHOJEN DIGITOINTI VAPAAN LÄHDEKOODIN AVULLA

Case: SF-Data Osuuskunta

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Liiketalouden laitos
Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma
Yritysviestintäjärjestelmät
Opinnäytetyö AMK
Syksy 2009
Antti Sivonen

Lahden ammattikorkeakoulu
Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma

SIVONEN, ANTTI: VHS-nauhojen digitointi vapaan lähdekoodin avulla
Case: Sf-Data Osuuskunta

Yritysviestintäjärjestelmien opinnäytetyö, 27 sivua

Syksy 2009

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyö käsittelee VHS-nauhojen digitoimista, tiedostomuotoja ja koodekkeja. Opinnäytetyössä selvitetään SF-Data Osuuskunnalle käyttökelpoinen tapa digitoida asiakkaidensa VHS-nauhoja. Työssä tutkitaan millä koodekeilla saavutetaan pienimmät tiedostokoot ilman, että kuvanlaatu silminnähden heikkenee.

Analoginen video -luvussa kerrotaan mitä video on ja minkälaisia ominaisuuksia sillä on. Digitaalinen video -osio on opinnäytetyön tärkein luku. Siinä kerrotaan eri koodekeista, tiedostomuodoista ja videon pakkaamisen merkityksestä.

Kohdeyritys-osiossa esitellään SF-Data Osuuskunta ja kerrotaan millä tekniikalla videot opinnäytetyössä digitoidaan ja mitä ohjelmia siihen käytetään.

Opinnäytetyön empiirinen osuus toteutettiin SF-Data Osuuskunnalle vertailemalla erilaisia koodekkeja keskenään. Vertailun avulla pyrittiin selvittämään millaisia eroja eri koodekkien välillä on videota pakattaessa.

Opinnäytetyön tuloksena selvitettiin SF-Datalle tapa digitoida VHS-nauhoja Linux Debianilla Mencoderin avulla. Tapa osoittautui toimivaksi ja ominaisuuksiltaan monipuoliseksi. Koodekkivertailu osoitti, että hyvään pakkaussuhteeseen päästään useammalla eri koodekillä. Toimivimmaksi yhdistelmäksi osoittautuivat DivX- tai XviD-pakattu AVI. Niiden etuna on hyvä pakkaussuhde ja yhteensopivuus nykyaikaisten DVD-soittimien kanssa.

Avainsanat: vhs, koodekki, digitaalinen video, analoginen video, digitointi

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Computing

SIVONEN, ANTTI: Digitizing VHS tapes with open source
 Case: SF-Data Cooperative

Bachelor's Thesis in Business Information Systems 27 pages

Autumn 2009

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with how to convert VHS-tapes to digital video and also how to use different kinds of codecs and video file formats. This study explores the way to convert VHS-tapes of customers of SF-Data cooperative, in addition examining what codecs are best suited for the packing of these video files.

There are two sections in the theory part. First the analog video section explains what the video is, and what features it has. The second part dealing with the digital video is the most important part of this thesis. It is about the digital video file formats and codecs and their importance.

The case company section contains information about the company and discusses what technology and programs are used for digitizing videos.

The empirical part of this thesis was carried out for SF-Data Cooperative by comparing different codecs. The purpose of the comparison was to find out what the differences between the different codecs for compressing video were.

The survey pointed out the best suited technology for digitizing VHS-tapes to SF-Data. In addition, the most suitable codecs for this technology were DivX and Xvid. Divx and Xvid codecs works fine in a normal DVD-player.

Key words: VHS, codec, digital video, analog video, digitize

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TUTKIMUKSEN TAUSTAA	2
2.1	Tutkimuksen lähtökohdat	2
2.2	Tutkimusongelma ja rajaus	3
2.3	Tutkimusmenetelmät	4
3	ANALOGINEN VIDEO	5
3.1	Videokuva	5
3.2	Kuvasuhde	5
3.3	Televisiojärjestelmät	6
3.4	VHS	7
4	DIGITAALINEN VIDEO	8
4.1	Koodekit	8
4.1.1	MPEG-koodekit (Yleisnimityksenä)	8
4.1.2	Muita koodekkeja	10
4.2	Videotiedostot	12
5	KOHDEYRITYS	14
5.1	SF-Data Osuuskunta	14
5.2	Videonkaappausjärjestelmä	14
5.2.1	Laitteisto	15
5.2.2	Tarvittavat ohjelmat	16
5.2.3	Videon kaappaus	18
6	KOODEKKIVERTAILU	19
6.1	Vertailun toteutus	19
6.2	Vertailtavat formaatit ja videomateriaalit	20
6.3	Kuvanlaatu ja tiedostokoko	21
6.4	Yhteensopivuus	23
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	24
8	YHTEENVETO	26

1 JOHDANTO

Kahdeksankymmentäluku ja yhdeksänkymmentäluku olivat VHS-nauhojen kulta-aikaa. Televisiokanavat lisääntyivät ja ihmiset tahtoivat saada ohjelmat myös talteen. Tämän mahdollisti videonauhureiden tulo markkinoille. Tuohon aikaan VHS oli kuluttajamarkkinoiden yleisin tallennusformaatti. Se voitti formaattisodassa kamppailun Beta max- ja Video 2000- formaatteja vastaan.

Elettäessä 2000 lukua VHS:n ja muut analogiset tallenteet ovat syrjäytyneet digitaalisten tallenteiden, kuten DVD:n ja Blu Ray:n tieltä. Näiden uusien formaattien etuina ovat mm. parempi kuvanlaatu ja suurempi tallennuskapasiteetti.

Koska VHS, Betamax- ja Video 2000 perustuvat kaikki melko samankaltaiseen magneettitekniikkaan, eivät tallenteet säily ikuisesti. Pitkän ajan kuluessa nauhat kuluvat ja venyvät katselukelvottomiksi. Vaikka nauhoja kopioisi uusille nauhoille, niiden kuvanlaatu kärsii jokaisen kopioinnin yhteydessä.

Nykyään on olemassa erilaisia nauhuriyhdistelmiä, joilla voidaan siirtää esim. VHS-nauhoja DVD-levylle. Nämä laitteet tosin ovat melko hintavia, eikä niissä useinkaan voida määrittää kovin monenlaisia asetuksia videon laadun suhteen.

Opinnäytetyössäni keskityn selvittämään sitä, miten vapaan lähdekoodin ohjelmistojen avulla voidaan digitalisoida analooginen videotallenne haluttuun kokoon, tai haluttuun laatuun, käyttäen eri koodekkeja. Kun tallenne on digitalisoitu, se ei enää kulu katsottaessa, sen muunneltavuus helpottuu ja se voidaan halutessa siirtää helposti talteen vaikka tavalliselle dvd levylle.

2 TUTKIMUKSEN TAUSTAA

2.1 Tutkimuksen lähtökohdat

Tässä opinnäytetyössä pyritään rakentamaan mahdollisimman hyvä, käytännöllinen ja edullinen tapa SF-Datan asiakkaiden analogisten videoiden muuntamisesta digitaaliseen muotoon. Selvityksen kohteena ovat erilaiset tiedostomuodot ja koodit, sekä niiden käytännöllisyys. Aiheen opinnäytetyöhöni sain ollessani työharjoittelujaksolla yrityksessä keväällä 2008.

Harjoittelujaksolla käytin vain Linux Debian-käyttöjärjestelmää ja vapaan lähdekoodin ohjelmia. Tästä syystä tässä opinnäytetyössä käytetyt ohjelmat eivät ole kaupallisia, vaan täysin ilmaisia ja vapaasti levitettäviä.

SF-Data on monipuolinen atk-alan yritys ja se toivoo saavansa opinnäytetyöstä itselleen käyttökelpoisen menetelmän asiakkaidensa VHS-nauhojen siirtämiseksi digitaaliseen muotoon. Yrityksellä ei ole olemassa aikaisempaa valmista tapaa edellä mainittuun muuntamiseen, mutta kuitenkin halua ottaa VHS-nauhojen siirto digitaaliseen muotoon osaksi palveluitaan.

VHS-nauhojen siirto sähköiseen digitaaliseen muotoon on tutkimisen arvoista, sillä ihmiset tahtovat saada vanhat kotivideot ja muut tallenteet turvaan kulumiselta. Perinteisiä yksittäisiä VHS-nauhureita ei enää valmisteta, joten uuden laitteen hankinta voi olla hankalaa. On olemassa yhdistelmiä, joissa on VHS-nauhuri ja tallentava DVD-soitin samassa, mutta harva viitsii hankkia tällaista kohtalaisen kallista nauhuriyhdistelmää muutaman vanhan VHS-kasetin takia. VHS-nauha ei ole ikuinen ja se kuluu helposti. Digitaalinen videotiedosto on käytännössä ikui- nen, jos sen muistaa varmuuskopioida säännöllisesti.

2.2 Tutkimusongelma ja raja

Opinnäytetyössä pyritään selvittämään vapaan lähdekoodin ohjelmilla toteutetun videon digitoimistekniikan soveltuvuutta asiakasvideoiden digitoimiseen. Opinnäytetyö tutkii, kuinka paljon vaikutusta koodekeilla ja eri tiedostoformaateilla on hyvän kuvanlaadun kannalta.

Case-tutkimuksen kohteena on toteuttaa yritykselle tapa digitoida asiakkaiden VHS-nauhoja digitaaliseen muotoon ja selvittää millä koodekeilla videot kannattaisi pakata, jotta saavutetaan hyvä videon laatu ja järkevä tiedostokoko. Tutkimuksessa vertaillaan eri koodekkeja ja otetaan selvää millä koodekeilla saavutetaan haluttu lopputulos.

Opinnäytetyössä käsiteltävät koodekit on rajattu yleisempiin käytössä oleviin videokodekkeihin. Näin ollen vertailusta jää pois harvinaisemmat koodekit, joiden toisto muissa tietokoneissa mahdollisesti aiheuttaisi ongelmia. Tämä raja on tehty siksi, että videon katselu vaatii näkyäkseen saman koodekin jolla se on pakattu. Tämän lisäksi vertailusta on rajattu pois äänikoodekit, sillä niiden merkitys tiedostokoon kannalta ei ole yhtä suuri kuin videokodekeilla. Jotteivät äänikoodekit kuitenkaan häiritsisi tutkimusta, käytän kaikissa pakkaamissani videoissa samaa äänikoodekkia.

2.3 Tutkimusmenetelmät

Tämän tutkimuksen toteuttaminen vaatii jonkin asteista Linux-ympäristön hallintaa. Ennen digitoimisjärjestelmän kasaamista käytin työharjoittelussa muutaman kuukauden ajan Linux Debian-käyttöjärjestelmää perehtyen sen perustoimintoihin. Tutustuin erilaisiin vapaan lähdekoodin ohjelmiin ja opettelin tavanomaisia komentorivikäskyjä. Apunani tässä vaiheessa käytin tiedonhakua Internetistä, ohjelmien kotisivuilta löytyviä käyttöohjeita, sekä SF-Datan henkilökunnan neuvoja ja opastusta. Kokeilemalla erilaisia asioita, sekä erehtymällä ja oivaltamalla, päädyin toteuttamaan digitoimisen Case -osassa tarkemmin selvittämälläni tavalla. Tämän jälkeen perehdyin erilaisiin tiedostomuotoihin ja koodekkeihin, hankkien tietoa kirjallisuudesta ja Internetistä.

Tutkimusmenetelmänä koodekkien osalta tässä opinnäytetyössä käytetään vertailua. Vertailu toteutetaan siten, että erilaisia videomateriaaleja kaapataan käyttämällä pakkaukseen eri koodekkeja, tiedostoformaatteja ja eri pakkaussuhteita. Tuloksia vertailemalla pyritään selvittämään, mitkä koodekit soveluvat parhaiten VHS-nauhojen digitointiin. Tavoitteina on että tiedostokoko jää kohtalaisen pieneksi, kaapatun videon kuvanlaadussa ei huomata eroja alkuperäiseen materiaaliin ja että kaapatut videot ovat yleisesti tuettuja ja toimivat hyvin myös muissa kuin kaappausympäristöissään Linuxilla.

3 ANALOGINEN VIDEO

3.1 Videokuva

Videokuva on liikkuvaa kuvaa, joka syntyy siten, että yksittäisiä kuvia esitetään riittävän nopeasti peräkkäin. Ihmisen silmän hitauden vuoksi vaikutelma liikkuvasta kuvasta muodostuu, kun peräkkäisiä kuvia näytetään vähintään 17 sekunnissa. Jos kuvia on vähemmän, näyttää liike nykivältä.

Teoriassa televisio ja VHS toistavat 25 kuvaa sekunnissa. Todellisuudessa edellä mainitun toistonopeuden lisäksi käytetään välkkymistä estäviä tekniikoita, joissa samoja kuvia toistetaan kaksi tai kolme kertaa peräkkäin. Tästä syystä oikea kuvamäärä on noin 50 kuvaa sekunnissa. (Keränen ym.2005, 198 199)

3.2 Kuvasuhde

Television kuvasuhteena on jo pitkään ollut 4:3. Merkintä tarkoittaa kuvaruudun leveyden suhdetta korkeuteen. Koska tutkimusten mukaan hieman tätä leveämpi kuva on ihmissilmälle mieluisampi, ovat laajakuvatelevisiot tulleet markkinoille. Laajakuvatelevision kuvasuhde on 16:9. Myös lähetykset ovat siirtyneet suurelta osin käyttämään 16:9 kuvasuhdetta. (Keränen ym. 2005, 202)

Videota siirrettäessä on tärkeää määrittää oikea kuvasuhde, ettei lopputulos vääristy pituus tai pystysuunnassa. Jos 4:3 kuva muutetaan 16:9:n, litistyy kuva pystysuunnassa. Jos taas 16:9 kuvasuhdetta muutetaan 4:3:n, litistyy kuva vaakatasossa. Molemmissa tapauksissa alkuperäiset mittasuhteet vääristyvät.

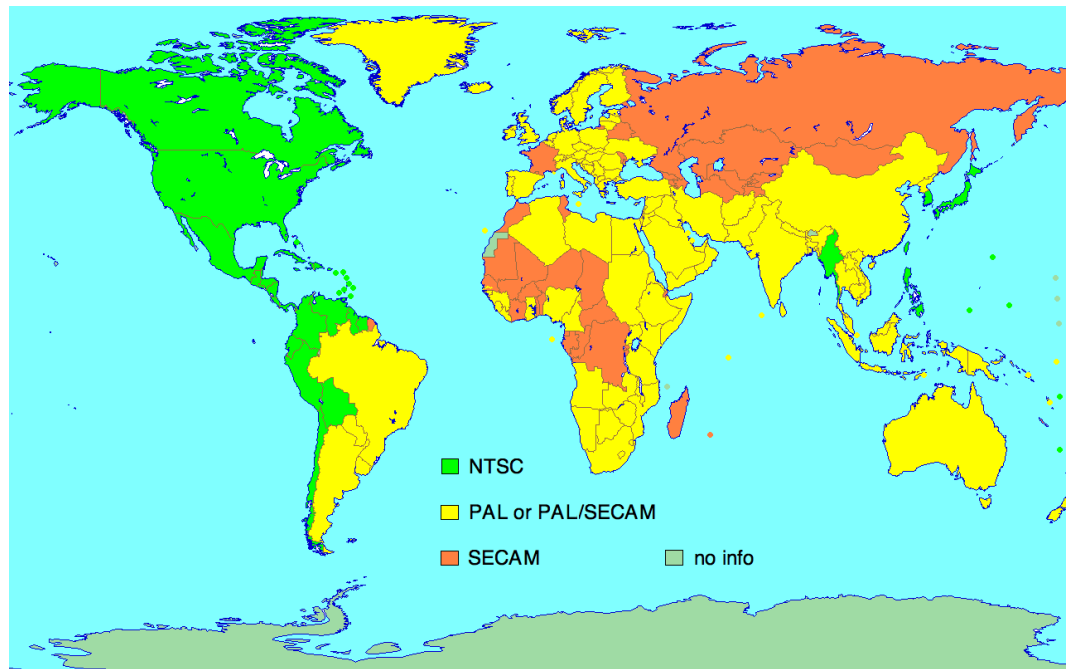
3.3 Televisiojärjestelmät

Suomessa on yleisesti käytössä PAL-televisiojärjestelmä. Järjestelmä määrittelee esimerkiksi kuvassa näkyvien pikseleiden määrän, kuvanopeuden, kuvakoon ja äänisignaalin käsittelyn. Näiden lisäksi järjestelmä määrittää kuvan siirrossa käytettävät standardit. (Levy 2001, 22.)

Maailmassa on käytössä kolme erilaista analogisen videon värijärjestelmää. Valtaosassa Eurooppaa, sekä Australiassa ja joissain Aasian, Afrikan ja Etelä-Amerikan maissa, on käytössä PAL (Phase Alternate Line).

Toinen järjestelmä on SECAM (Système Electronique Couleur Avec Memoire), joka pohjautuu PAL tekniikkaan, mutta sen värien koodaus on eri muodossa.

Kolmas ja vanhin värijärjestelmä on NTSC (National Television Standards Committee). NTSC on käytössä Pohjois-Amerikassa. (Yle Tekniikkaa 2006)



KUVIO 1. TELEVISION VÄRIJÄRJESTELMIEN LEVINNEISYYS

3.4 VHS

VHS:n historia

VHS (Video Home System) on JVC:n kehittämä nauhoittava ja toistava video-nauhurilaitteiden standardi, joka julkaistiin vuonna 1976. Markkinoille tullessaan VHS kilpaili samankaltaisten Betamax- ja Video 2000- formaattien kanssa kuluttajien suosiosta. Kilpailu ei kestänyt kauaa ja VHS syrjäytti kilpailijansa nopeasti. VHS saavutti voittonsa hyvän markkinoinnin, eikä niinkään teknisten ansioidensa avulla.

VHS:n ongelmana on alusta asti ollut verrattain huono kuvanlaatu ja etenkin hitaasta nauhanopeudesta johtuva kohina. Näitä ongelmia on myöhemmin paranneltu mm. HQ-kuvanparannustekniikalla, jossa taajuusvasteeltaan alhtaista videosignaalia korostetaan suurempien taajuuksien osalta. Parannukset eivät kuitenkaan ole olleet kovinkaan merkittäviä ja paras laatu onkin saavutettu käyttämällä erityisesti Hifi-käyttöön tarkoitettuja laadukkaita videonauhoja. (Beeching 2001, 52)

Nykyään VHS:n on käytännössä kokonaan syrjäyttänyt 2000 luvulla yleistyneet tallentavat DVD- ja kiintolevytallentimet. Lokakuussa 2008 VHS:n kehittäjä JVC ilmoitti markkinoiden viimeisenä lopettavansa yksittäisten VHS-nauhureiden valmistuksen. (Elliott 2008)

VHS-Tekniikkaa

VHS-nauhoissa käytetään puolen tuuman (12,7mm) levyistä magneettinauhaa, jonka nopeus PAL-televisiojärjestelmässä on 2,34cm/s. Suurin tallennusaika on 240 minuuttia E-240-kasetilla. VHS-nauhoissa käytettävien kasettien E-merkintä, viittaa suoraan kasetille mahtuvan videon minuuttimäärään.

4 DIGITAALINEN VIDEO

4.1 Koodekit

Koodekki on ohjelma joka toimii mediasoittimen ja toistettavan videotiedoston välillä rajapinta-ajurina. Vaikka koodekeissa pyritään käyttämään sellaisia pakkaustapoja, joita silmä ei havaitse, huonontuu kuvanlaatu aina sitä enemmän, mitä pienempään tilaan video pakataan. Toisissa formaateissa, kuten AVI ja MOV, voidaan käyttää eri koodekkivaihtoehtoja, eikä tiedostopääte määritä suoraan sitä, millä koodekilla kyseinen tiedosto on pakattu. Osassa tiedostomuodoista, kuten MPG:ssä, määräytyy koodekki tiedostomuodon mukaan. (Levy 2001, 158.)

Yleensä kaikki digitaalinen video on jollain tavalla pakattua videota. Pakkaamattomat videotiedostot vaatisivat erittäin suuren tiedonsiirtonopeuden ja paljon kovalevytilaa. Pakkaamaton 768 x 576 (PAL) videokuva veisi tallennustilaa 31,6 megatavua sekunnissa. Tämän takia videoiden tieto pakataan koodekkien avulla pienemmäksi. (Keränen ym. 2005, 233)

4.1.1 MPEG-koodekit (Yleisnimityksenä)

MPEG (Moving Picture Experts Group)- alkuisia koodekkeja on paljon. Koodekkien numerointi kertoo kyseisen formaatin ominaisuudet. MPEG-pakkaus perustuu avainruutuihin (key frames). Avainruutujen jälkeen tulevat ruudut muokataan avainruudun perusteella. Pakkaussuhteita on useita ja ne voidaan määrittää kuvalle ja äänelle erikseen. (Levy 2001, 159.)

Seuraavassa kerrotaan merkittävimmistä MPEG-muodoista.

MPEG-1

Tämä formaatti on tarkoitettu tietokonenäytöllä katsottaville pieniruutuisille (esim. 320x240) videoille. Hyvälaatuisen kuvan antama hävittämätön kuvasuhde voi olla 50:1 ja hävittävällä voidaan päästä jopa 200:1:n. Suunniteltu tiedonsiirtonopeus on noin 1,5 Mbittiä sekunnissa. Audiokerroksen pakkausmuotona on monille tuttu Mp3. (Levy 2001, 159.)

MPEG-2

MPEG-2 on tarkoitettu käytettäväksi digitaalitelevisioissa ja DVD-levyillä. Suunniteltu siirtonopeus on 2-20Mbittiä sekunnissa. Kuvan maksimi koko on 1920 x 1152 pikseliä, joten sitä voidaan käyttää myös HDTV:n kuvaksi. (Levy 2001, 159.)

MPEG-3

Vähän käytetty formaatti, joka on suunniteltu teräväpiirtotelevisioita varten. Kuvan pikselimäärä on 1920 x 1080 pikseliä. 30Hz kuvanopeudella tarvitaan siirtonopeutta 20-40Mbittiä sekunnissa. Standardin kehittämisestä on toistaiseksi luovuttu. (Levy 2001, 159)

MPEG-4

Formaatti on tarkoitettu digitaalitelevision ja pelien reaaliaikaiseen kuvansiirtoon. Se on suunniteltu 2-64kbs siirtonopeudella multimediakäyttöön ja aina 2Mbps saakka videokäyttöön. Kuvan laatu vastaa hyvää televisiokuvaa, mutta vastaavasti vaatii tehokkaan purkajan. Tiedostomuodon lähtökohtana on ollut Quick Time. Tätä on käytetty lähtökohtana joillekin uudemmille koodekeille, kuten DivX:lle. (Levy 2001, 160)

4.1.2 Muita koodekkeja

DV

DV koodekki pakkaa videon suhteessa 1/5. Se voi olla laitepohjainen, eli kameran tai sieppauskortille valmiiksi tehty prosessori. Vaihtoehtoisesti pakkaamiseen ja purkamiseen käytetään tietokoneen prosessoria. Ohjelmistopohjaisia ovat mm. Quicktime DV, Canopus DV ja Adaptec DVSoft. (Levy 2001, 158.)

MJPEG

Koodekkimuoto joka pakkaa videoruudut JPEG-pakkauksella. Tätä koodekkia käyttävät useat sieppauskortit täyskuvavideolle. Tiedostomuotona on AVI. (Levy 2001, 159.)

Intel Indeo

Tästä formaatista on useita eri versioita, kuten R3.2, R4.3 ja 5.11. Kyseessä on erittäin suositeltava koodekki pienen kuvakoon multimediavideoihin. (Levy 2001, 160)

Radius Cinepak

Koodekki joka on tunnettu hyvästä kuvanlaadustaan, mutta joka on hyvin raskas pakata. Koodekki löytyy valmiiksi lähes kaikista Windows- ja Mac- koneista. (Levy 2001, 160)

Microsoft RLE

Microsoft RLE on animaatioille tarkoitettu 8-bittinen (246 värinen) koodekki. Sopii mainiosti piirretyille. (Levy 2001, 161)

Microsoft Video 1

Microsoft Video 1 on vanha peruskoodekki, joka on ollut mukana Windowseissa alusta lähtien. Koodekki on vain 16-bittinen ja värien määrä on vain hieman yli kuusikymmentäviisituhatta. (Levy 2001, 156 ja 161)

DivX

DivX on suunniteltu pakkaamaan täysimittaisia elokuvatiedostoja mahdollisimman pieneen tilaan ja säilyttämään kuitenkin lähes DVD-tasoisien kuvanlaadun. Pohjanaan tämä koodekki käyttää MPEG-4 pakkausta. DivX on kaupallinen koodekki, mutta siitä on olemassa myös ei-kaupallisia versioita.

(Levy 2001, 161)

Nykyään DivX on myös tiedostoformaatti, jonka tiedostopääte on ”.divx”. Se on muokattu AVI-tiedostoformaattista ja on sen kanssa yhteensopiva. Monet nykyaikaiset DVD-soittimet, joissa on DivxUltra-merkintä, osaavat toistaa divx-tiedostoja.

XviD

XviD on vapaan lähdekoodin projektin tuloksena syntynyt suosittu koodekki.

XviD-koodekki mahdollistaa DVD-laatuisten elokuvan mahduttamisen, pituudestaan riippuen, yhdelle, tai kahdelle cd-levylle. Monet nykyaikaiset DVD-soittimet tukevat XviD-koodekkia. (What is XviD, 2009)

XviD pohjautuu hyvin pitkälle samaan tekniikkaan kuin DivX. Tämä johtuu siitä, että kun DivX aikanaan muuttui kaupalliseksi, siirtyi osa sen tekijöistä kehittämään XviD-koodekkia samoista lähtökohdista.

4.2 Videotiedostot

Videotiedostoformaatti pitää sisällään kuva- ja äänimateriaalin tiedot. Lisäksi se sisältää tiedot siitä, mitä pakkausmenetelmää ääni ja kuva käyttävät. Vaikka tietokone pystyisi toistamaan esimerkiksi jonkun AVI-tiedoston, ei se tarkoita sitä, että se pystyisi toistamaan minkä tahansa AVI-tiedoston. Tiedoston katselu onnistuu vain jos koodekki, jolla video on pakattu, on asennettuna tietokoneessa. Niinsanottua tavallista AVI-tiedostoa ei siis ole olemassa.. (Levy 2001, 156)

Seuraavassa on lyhyt kuvaus yleisimmistä videotiedostoformaateista.

Microsoft AVI

AVI on Microsoftin standardoima videoformaatti. Tämä tiedostomuoto on multimediaformaateista yleisin, koska kaikkien standardin mukaisten sovellusten tulee tukea sitä. AVI voidaan pakata erilaisilla pakkauskoodekeilla, mutta se voi olla myös pakkaamatonta. AVI ei siis ole mikään yksi tietty tallennusmuoto, sillä se vaihtelee pakkaustavan mukaan. Videotiedoston katselu onnistuu vain jos katselussa käytettyyn koneeseen on asennettu sama koodekki, jolla AVI on pakattu. Uudemmissa koodekeista voi suositella AVI:n kanssa yleistä MPEG-pakkausta. (Levy 2001, 156.)

Quicktime MOV

Apple Macintosh-käyttöjärjestelmän standardi videoformaatti on Quicktime MOV. Kyseessä on erittäin hyvä formaatti, joka nykyään toimii myös muissa kuin Macintosh-ympäristössä. Formaatti toimii myös streaming-muodossa, eli videon toisto voidaan aloittaa, vaikkei tiedosto olisi vielä latautunut/tallentunut kokonaan. (Levy 2001, 157.)

MPG

MPG on kansainvälisesti standardoitu MPEG-koodekkia käyttävä streaming-tiedostomuoto. Tiedostomuoto on jatkuvasti yleistymässä CD:llä ja internetissä tapahtuvassa videojakelussa. MPG-tiedoston pakkaamiseen ja toistoon tarvittavat koodekit ovat lisenssimaksuista vapaita. (Levy 2001, 157.)

ASF

Koska AVI-tiedostoformaatti edellyttää videon valmiiksi latautumisen, kehitti Microsoft tämän MPEG-4 pakkaukseen perustuvan stream-tiedostoformaatin. Formaatti on tarkoitettu erityisesti internettiä ja siellä katseltavia videoita varten. Windowsin yleisimmät mediasoittimet tukevat tätä formaattia. (Levy 2001, 157)

VOB

VOB (Video Object) on DVD:n formaatti. DVD-elokuvat koostuvat yhden gigatavut kokoisista VOB-tiedostoista. (Levy 2001, 158)

VOB perustuu MPEG-2 pakkaukseen. Muita DVD-tiedostomuotoja ovat mm. IFO- ja BUP-tiedostot.

5 KOHDEYRITYS

5.1 SF-Data Osuuskunta

SF-Data Osuuskunta on pieni lahtelainen IT-alan yritys. Yritys on perustettu vuonna 1999. Yrityksen toiminta ei ole sidottu mihinkään tiettyyn tietotekniikan osa-alueeseen, mutta sen pääasialliseen toimialaan kuuluvat erilaiset tietotekniikka-alan palvelut, kuten esimerkiksi mikro- ja verkkotuki sekä tietoturvapalvelut. (Alaranta 2008)

SF-Data kokoaa asiakkaiden tarpeiden mukaan suunniteltuja tietokoneita, asentaa ja antaa laitteiston vaatiman koulutuksen. Asiakkaiden tietokoneita ylläpidetään ja huolletaan säännöllisesti. Yritys myös tuottaa asiakkailleen erilaisia tietojärjestelmiä ja ylläpitää niitä. (Alaranta 2008)

SF-Datan pääkonttori sijaitsee Lahdessa, mutta yrityksen toimialueeseen kuuluu koko Suomi. Yritystä johtaa tietohallintojohtaja Jani Alaranta ja yritys työllistää tällä hetkellä neljä henkilöä. (Alaranta 2008.)

5.2 Videonkaappausjärjestelmä

Tässä osassa selvitetään kuinka opinnäytetyössä käytettävä videonkaappausjärjestelmään saatetaan käyttökuntoon. Yrityksen toiveena oli se, että kaappaus tullaan toteuttamaan Linuxilla ja VHS-nauhurilla. Käytin työharjoittelussani yrityksessä Linux Debiania, joka on kevyt ja ilmainen Linux-jakelupaketti. Linux Debianin ohjelmat ovat ilmaisia.

5.2.1 Laitteisto

Kaappauksissa käytetty tietokone on Intel® Celeron® CPU 2.60Ghz, johon on asennettu Linux Debian Etch ja kaappauksia varten riittävästi kovalevytilaa (SCSI 146,8Gt). Työssä käytetään SCSI-kovalevyä, koska se parhaiten soveltuu videonmuokkaukseen.

Tietokoneen lisäksi tarvitaan VHS-nauhuri, jonka vähimmäisvaatimuksena tällä tallennustekniikalla on scart-liitin.

Kaappausta varten tietokoneeseen on asennettu Tv-kortti (Brooktree Corporation Bt849A), joka vastaanottaa kuvasignaalia komposiittiliitännän avulla videonauhurin scart & av+s-video-adapterista. Ääni kulkeutuu samasta scart-adapterista suoraan tietokoneen äänikortin line-in liitântään.

Komposiittisignaali on yleisin ja lähes aina tuettu videosignaalinmuoto. Kaikista videokameroista ja nauhureista on saatavissa komposiittisignaali kuvan siirtoa varten. Komposiittisignaali sisältää pelkkää kuvaa. (Levy 2001, 23.)



KUVIO 2. VHS-Nauhuri



KUVIO 3. Scart/Komposiittiadapteri.



KUVIO 4. Komposiittiliitin.



KUVIO 5. Tv-kortti.

Jotta kyseinen Tv-kortti toimisi oikein, on sitä varten Linuxiin asennettava oikea bttv moduuli. Entisen bttv:n poisto ja oikean moduulin asennus tapahtuvat seuraavilla komennoilla komentorivillä:

```
rmmod bttv
```

```
modprobe bttv card=14
```

Koska VHS-tallenteen ääni on tarkoitus kaapata suoraan tietokoneen äänikortin kautta, annetaan myös seuraava komento:

```
adevice=/dev/audio
```

On myös syytä tarkistaa Alsa-mixerin asetuksista, että tallentavaksi laitteeksi on valittu line-in. Asetuksiin pääsee komennolla:

```
alsamixer
```

5.2.2 Tarvittavat ohjelmat

Jotta videota voitaisiin tarkastella tietokoneella jo ennen kaappausta, tarvitaan tähän tarkoitukseen ns. televisionkatseluohjelma. Linuxille sopivia ilmaisia ohjelmia ovat mm. TvTime (suomenkielinen) ja Xawtv (englanninkielinen). Molemmat edellä mainitut ovat helppokäyttöisiä ohjelmia, eivätkä vaadi juurikaan asetuksiin puuttumista. Ainoa välttämätön asetus on videon lähteeksi määriteltävä ”Composite1”. Molemmissa ohjelmissa määrittelyn voi tehdä heti ohjelman aloitusvalikossa.

Kaappausta varten tietokoneeseen tulee asentaa Mencoder (joka on myös osana Mplayer-ohjelmaa).

Mencoder on komentoriviohjelma, jolla voidaan kaapata ja pakata videota suoraan tv-kortilta, mutta myös koodata videota toiseen muotoon toisesta tiedostosta tai dvd-asemasta. (MPlayer ja Mencoder käyttöohje 2009)

Mencoderin asentamista varten on /etc/apt/sources.list tiedostoon lisättävä seuraava rivi:

deb <http://www.debian-multimedia.org> etch main

Tämän lisäksi on asennettava myös Debian-multimedia-keyring, joka löytyy osoitteesta www.debian-multimedia.org.

(Install Mplayer in Debian Sarge, Etch and Sid. 2006.)

Jotta kaapattua videota voi katsella tietokoneella, tarvitaan jokin tavallinen video-soitin, kuten, VLC-player, Mplayer, tai ihan tavallinen Elokuvasoitin-niminen mediasoitin, joka tulee mukana jo Linux Debianin asennuksessa. On hyvä testata kaapattua videota useammalla kuin vain yhdellä soittimella, sillä esimerkiksi Mplayer käyttää samoja koodekkikirjastoja kuin Mencoder. Tästä syystä ei voida olettaa että sama video joka toistuu Mplayerissa, toimisi oikein muillakin perussoittimilla.

Todennäköisesti joskus käy niin, että varsinkin pidempää videota kaapattaessa videon loppuun tai alkuun tulee paljon sellaista, mitä ei tahdotakaan talteen (esim. monta minuuttia ”lumisadetta”). Ylimääräinen videomateriaali vie myös aina turhaan tallennustilaa. Kätevä ohjelma videon pienimuotoiseen leikkelyyn on Avide mux. Avidemux on valittu tässä tapauksessa siksi, että se tuntee Mencoderilla kaapatut videomuodot ja käyttää pääasiassa samoja koodekkikirjastoja kuin Mencoder. Tästä syystä myös pidemmät videot aukeavat ohjelmaan ilman suurempaa esikäsittelyä ja pitkiä latausaikoja.

5.2.3 Videon kaappaus

Kun videonauhuriissa pyörivä nauha on saatu näkymään TvTimessa tai Xawtv:ssä, tiedetään että videosignaali tulee oikein läpi. Tässä vaiheessa on vielä hyvä tarkistaa että ääniasetukset on oikein (tallentavaksi äänilaitteeksi on asetettu line-in).

Kun asetukset ovat kunnossa, annetaan Mencoderille komento kaappauksen käynnistämiseksi. Seuraavassa esimerkki komennosta:

```
mencoder -tv  
norm=PAL:driver=v4l2:width=325:height=288:input=1:fps=2  
5 tv:// -ovc xvid -oac mp3lame -xvidencopts bitrate=800 -o  
kaapattuvideo.avi
```

Ylläolevan esimerkkikomennon alkuosassa määritellään videon lähde (tv-kortin komposiitti 1 liitäntä), kaapattavan videokuvan värijärjestelmä (Suomessa se on PAL), tulevan tallenteen kuvakoko (325 x 288) ja kuvanopeus (25 kuvaa sekunnissa).

Seuraavassa osassa komentoa määritetään videon pakkauksessa käytettävä koodekki (-ovc xvid). Esimerkissä videon koodekkina käytetään Xvid-koodekkia.

Videokoodekin jälkeen komennossa määritetään koodekki ääntä varten (-oac mp3lame). Esimerkissä äänen koodekkina käytetään mp3lame-koodekkia.

Viimeinen koodekkeihin liittyvä määrittäminen on Xvid-koodekin tiedonsiirtonopeus (-xvidencopts bitrate=800). Tämä komennonpätkä määrittää koodekille tiedonsiirtonopeudeksi 800 kilobittiä sekunnissa.

Lopuksi määritetään kaapattavan tiedoston nimi ja tiedostopääte (-o kaapattuvideo.avi). Esimerkissä kaapatun videon nimeksi tulee ”kaapattuvideo” ja sen tiedostomuoto on AVI.

Kun haluttu video on kaapattu, voidaan kaappaus lopettaa pikanäppäimellä Ctrl + c. Tämän jälkeen ohjelma antaa tulosteena yhteenvedon kaapatusta videosta ja audiosta, sekä ilmoittaa mahdollisista tallennuksen aikana tapahtuneista virheistä.

6 KOODEKKIVERTAILU

6.1 Vertailun toteutus

Vertailussa tutkin kuinka paljon videotiedostoa voidaan pakata, ennen kuin videon laatu alkaa silminnähden kärsiä. Vertailu suoritetaan digitoimalla kahta erilaista videomateriaalia eri koodekeilla. Erilaisia videomateriaaleja käytän siksi, jotta nähtäisiin miten pakkaus reagoi erilaiseen videossa tapahtuvaan toimintaan.

Vertailussa toistin jokaisen siinä käytetyn koodekki+tiedostoformaattiyhdistelmän kaappauksen monta kertaa, jokaisella kerralla vähentäen hieman tiedonsiirtonopeutta (bitrate). Näin etsin kohtaa, jossa videon laadun heikkenemisen alkaa huomata.

Oleellista vertailussa on, että keskenään vertailtavien koodekkien kuvakoko ja kuvanopeus säilyvät samana, muuten vertailussa verrattaisiin vääriä asioita keskenään. Jos toisesta videosta vähentää tiedonsiirtonopeutta ja toisesta pienentää kuvakokoa, pienenee tiedostokoko molemmissa tapauksissa, mutta täysin eri syistä. Vertailussa kaikkien kaappausten kuvakoko on 720 x 576 (PAL) ja kuvanopeus on 25 kuvaa sekunnissa.

Lopuksi testaan pakkausten ja formaattien yhteensopivuutta tavallisella DVD-soittimella.

6.2 Vertailtavat formaatit ja videomateriaalit

Vertailussa käytettävät koodekit ja tiedostomuodot

Vertailuun otin mukaan käytetyimpiä videokoodikkeja, jotka tunnetusti pakkaavat videota pieneen tilaan. Vertailussa käytettiin 10 eri yhdistelmää, joista valtaosa oli AVI-tiedostoja. Tämä johtuu siitä, että AVI on yleisin tiedostomuoto ja sitä voi pakata monella eri koodikilla. MPG-tiedostoja oli kahta erilaista ja ASF- ja MOV-tiedostoja molempia yksi.

Tiedostomuoto:	AVI	MPG	ASF	MOV
Koodekit:	Mpeg-1 Mpeg-2 Mpeg-4 Mjpeg XviD DivX	Mpeg-1 Mpeg-2	Mpeg-4	Mpeg-4

TAULUKKO 1. VERTAILUN KOODEKIT JA TIEDOSTOMUODOT

Vertailusta jäi pois mm. VOB-tiedostoformaatti, koska se on tarkoitettu DVD-Videon tiedostoformaatiksi, eikä pyrkimys ole nyt tehdä valmista DVD-levyä, vaan kaapata materiaali digitaaliseen muotoon mahdollisimman hyvin pakattuna. Vertailusta jäi pois myös mm. animaatioille suunnitellut koodikit.

Vertailun äänikodekki

Äänikodekkina käytettiin kaikissa kaappauksissa Mp3-lame koodekkia ja äänen tiedonsiirtonopeutena 128kb/s. Asetus pidettiin samana kaikissa kaappauksissa, jotta se ei sotkisi tuloksia.

Vertailussa käytettävät videomateriaalit

Tutkimuksessa digitoitiin kahta varsin erilaista, noin viiden minuutin mittaista videomateriaalia. Videomateriaali nro.1 on hyvin nopeatempoista musiikkivideota, jossa on paljon kirkkaita värejä ja nopeita leikkauksia, mutta myös tummia sävyjä.

Videomateriaali nro.2 on kohtaus elokuvaa, jossa on tekstitystä ja enemmän paikallaan seisovaa kuvaa ja hitaita leikkauksia.

6.3 Kuvanlaatu ja tiedostokoko

Aina kun tiedostokokoa pienennetään, heikkenee myös videon kuvanlaatu. Pakkaamaton video sisältää niin paljon ihmissilmän kannalta merkityksetöntä materiaalia, että sitä voidaan pakata hyvin paljon, ennen kuin huomataan varsinaista muutosta videomateriaalissa. Kun videota on pakattu liikaa, alkaa siihen ilmestyä palikkamaisia, sinne kuulumattomia objekteja ja muita häiriöitä. Kuva saattaa osittain jähmettyä ja mennä rakeiseksi.

Kun tiedonsiirtonopeutta lasketaan systemaattisesti, alkaa videomateriaali nro.1:n kohdalla häiriöitä näkyä selkeästi aikaisemmin, kuin videomateriaalissa nro.2. Sama ilmiö näyttää toistuvan kaikilla yhdistelmillä. Tämä olikin odotettua, sillä kun ruudulla tapahtuu enemmän asioita, tarvitaan sen virheettömään toistamiseen myös enemmän tiedonsiirtonopeutta. Vähemmän tapahtumia sisältävä video kestää tehokkaampaa pakkausta. Tästä syystä onkin järkevämpää keskittyä tuloksiin vaativamman videomateriaali 1:n kohdalla, sillä kun tiedonsiirtonopeus riittää vaativammalle materiaalille, riittää se myös vähemmän tapahtumia sisältävälle videolle.

Vertailun optimitiedostokoot

Tiedostomuodolla ei ole vaikutusta kaapatun videon tiedostokokoon, eikä laatuun. Sen sijaan koodekeilla on selkeä merkitys.

Ääniraidan osuus kokonaistiedostokoosta oli mp3-lame pakkauksella viiden minuutin mittaisessa videotiedostossa noin 5 megatavua. Ääniraidan vaikutus jokaiseen testin kaappaukseen on kuitenkin sama, joten se ei sotke tuloksia.

Mpeg-4 pakatulla ASF:llä, Mpeg-4 pakatulla AVI:lla, Mpeg-4 pakatulla MOV:lla, kuten myös DivX:llä ja XviD:llä pakatuilla AVI:lla saavutetaan keskenään varsin samanlaiset tulokset. Näillä yhdistelmillä n. 5 minuutin pituisen videomateriaali 1:n saa mahdutettua noin 60 megatavun kokoiseksi ilman että laatu alkuperäiseen videomateriaaliin silminnähden heikkenee.

Näiden yhdistelmien tiedonsiirtonopeus on noin 1600 kb/s. Kun tiedonsiirtonopeutta aletaan pudottaa tästä vielä enemmän, alkaa laadussa huomata eroja. Etenkin hämärissä kohdissa ja laajoilla mustilla alueilla alkaa näkyä sinne kuulumatomia palikoita. Myös paljon yksityiskohtia sisältävissä kohtauksissa, kuten suuren väkijoukon kohdalla, näkyy selkeitä häiriöitä.

Mpeg-2:lla ja Mpeg-1:lla videomateriaali 1. näyttää kestävän pakkaamista noin 70 megatavun kokoiseksi. Videon tiedonsiirtonopeus on tällöin hieman yli 1800 kb/s. Tämä ero ei ole järin suuri verrattuna parhaan laadun saavuttaneisiin koodekkeihin.

Heikoimmin videomateriaalin pakkaamisessa onnistui MJPEG, joka samalla 1600 kb/s tiedonsiirtonopeudella näyttää olevan täynnä häiriöitä ja koko video muodostuu neliöistä.

6.4 Yhteensopivuus

Kaikki vertailun videot toimivat Linux- ja Windows-ympäristössä ongelmitta, kun tietokoneeseen vain on asennettu niiden pakkauksessa käytetyt koodekit. Vertailussa käytetyt koodekit ovat niin yleisiä, että ne tulevat lähes kaikkien uudempien mediasoittimien mukana.

Yhteensopivuus DVD-soittimen kanssa

Osa kaapatuista videoista toimii hyvin myös nykyaikaisessa tavallisessa DVD-soittimessa. Kokeilun suoritin polttamalla kaapattuja videopätkiä DVD-levylle tavalliseksi data-levyksi. Videoita ei koodattu mitenkään uudelleen.

Tätä data-levyä testasin muutaman vuoden vanhalla, Philipsin dvp3010 DVD-soittimella. Laite on aivan perusmalli, eikä siinä ole muita erikoisuuksia, kuin nykyään yleistynyt ”DivX Video” merkintä. Soitin toisti ongelmitta seuraavia yhdistelmiä: DivX pakattu AVI, Xvid pakattu AVI, Mpeg-1 pakattu MPG ja Mpeg-2 pakattu MPG.

Tiedostomuoto:	AVI	MPG
Koodekit:	DivX	Mpeg-1
	XviD	Mpeg-2

TAULUKKO 2. KOODEK-TIEDOSTOMUOTO-YHDISTELMÄT, JOTKA TOISTUVAT DIVX VIDEO MERKINNÄLLÄ VARUSTETULLA DVD-SOITTIMELLA

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Linux- ympäristöön toteutettu ratkaisu soveltuu videon digitoimiseen mainiosti. Mencoder-ohjelma tarjoaa paljon erilaisia asetusvaihtoehtoja videon pakkaamiseen ja formaatteihin. Asetuksiin perehtyminen on hieman aikaa vievää, mutta kannattavaa. Säättömahdollisuuksia on paljon, niin kuvalle kuin äänellekin. Kun kaappausjärjestelmä on kerran kasattu, ei se vaadi mitään erikoisempia muutoksia. Hyvää järjestelmässä on myös se, että sitä tarpeen vaatiessa voidaan muunnella minkä tahansa materiaalin digitoimiseen, kunhan materiaalista on saatavissa komposiittisignaali.

Mitään yhtä ja absoluuttista pakkausarvoa, joka pakkaisi minkä tahansa materiaalin, laatua heikentämättä niin pieneksi kuin mahdollista, ei voida määrittää. Tämä johtuu siitä, että kaapattava materiaali vaikuttaa tiedonsiirtonopeuden tarpeeseen. Vähemmän yksityiskohtia ja enemmän rauhallisempaa toimintaa sisältävää videomateriaalia voidaan pakata enemmän kuin nopeatempoista ja paljon tapahtumia sisältävää videota. Voidaan kuitenkin myös todeta, että jos videomateriaalit pakkaa vaativamman materiaalin mukaan, riittää se pakkaamaan myös vähemmän tapahtumia sisältävää videomateriaalia.

Vertailun parhaat pakkaussuhteet saavutti DivX- ja Xvid-koodekeilla pakatut AVI-tiedostot, sekä Mpeg-4 pakatut ASF-, MOV- ja AVI-tiedostot. Näillä koodekeilla pakatuille videoilla saatiin pienin tiedostokoko ilman, että kuvassa havaittiin muutoksia. Näillä pakkaustavoilla video vie tilaa noin 60 megatavua viidessä minuutissa, eli 720 megatavua tunnissa.

Erot vertailun koodekkien kesken eivät kuitenkaan olleet kovin suuria. Voidaankin todeta, että myös Mpeg-2:lla ja Mpeg-1:lla pakatut MPG-tiedostot ovat varsin kelvollisia videon kaappaukselle.

Osa videoista toistui hyvin myös DVD-soittimessa, josta löytyy ”Divx-Video”-merkintä. Tämä etu on DivX- ja Xvid-pakatuilla AVI-tiedostoilla, sekä Mpeg-1 ja Mpeg-2 pakatuilla MPG-tiedostoilla. Näin ollen on suositeltavaa että kaappauksen yhteydessä käytettäisiin joitain TAULUKKO 2:ssa mainituista yhdistelmistä. TAULUKKO 2:n koodekeista paras pakkaussuhde oli XviD Ja DivX koodekeilla.

Kun jo muutaman vuoden vanha DVD-soitin kykenee toistamaan näitä videotiedostoja, voidaan olettaa, että videot toimivat myös uudemmissa ”DivX Video” merkityissä DVD-soittimissa. Tämä on suuri etu, sillä näin videoita voidaan katsella suoraan DVD-soittimella ilman, että sitä koodataan uudelleen DVD-videoksi. DivX tai XviD muotoon pakattuna AVI:na DVD:lle mahtuu moninkertainen määrä videota, verrattuna perinteiseen DVD-Video-muotoon.

8 YHTEENVETO

VHS-nauhat alkavat tallennusmedianana olla historiaa. Yksittäisten VHS-nauhureiden valmistus on lopetettu, mutta ihmisten nurkissa lojuu silti vanhoja VHS-nauhoja. Vanhat tallenteet sisältävät monille ihmisille tärkeitä videoita, jotka tahdotaan saada nykyaikaisempiin tallennusmuotoihin. Kun videomateriaalit Digitoidaan kovalevyille tai DVD-levylle, materiaalit eivät enää kulu ja ne säilyvät käytännössä ikuisesti.

Kun analoginen video muunnetaan digitaalseksi, on se käytännössä pakko pakata. Pakkaamaton video vie hyvin paljon kovalevytilaa ja sisältää runsaasti ihmisilmän kannalta merkityksetöntä tietoa. Videon pakkaamiseen käytetään koodekkeja. Koodekkeilla on mahdollista pienentää videotiedoston kokoa runsaasti, ennen kuin kuvanlaadussa huomataan eroa alkuperäiseen materiaaliin verrattuna.

Vapaan lähdekoodin ohjelmistojen avulla VHS:n digitointi onnistuu varsin moitteettomasti. Mencoder kaappausohjelma tarjoaa paljon erilaisia asetusvaihtoehtoja, ja on yhdessä VHS-nauhurin ja Tv-kortin kanssa toimiva ratkaisu videon kaappaamiseen.

Koodekkivertailussa selvisi, että videota voi pakata monella eri koodekillalla, päästen lähes samaan pakkaustehoon. DivX- ja XviD-pakatut AVI-tiedostot osoittautuvat kuitenkin käytännöllisimmiksi hyvän pakkaustehonsa ja yhteensopivuutensa vuoksi. Nämä yhdistelmät toimivat suoraan myös ”DivX-Video”-merkityissä DVD-soittimissa.

LÄHTEET

Kirjalliset lähteet:

Beechibg, S, 2001, Videokamerat ja videonauhurit toiminta ja huolto, Juva, WS Bookwell Oy

Keränen, Lamberg, Penttinen, 2005, Digitaalinen media, Jyväskylä Docendo Finland Oy

Levy, J, 2001, Digitaalinen videoeditointi, Jyväskylä, Gummerus kirjapaino Oy

Sähköiset lähteet:

Elliott A.M. Jvc last to stop production of standalone VHS players. 2008. [online]. [viitattu 15.09.2009] Saatavissa: <http://www.pocket-lint.com/news/18759/jvc-stops-production-vhs-players>

Install Mplayer in Debian Sarge, Etch and Sid. 2006. Debianadmin.com [Online]. [viitattu 18.09.2009] Saatavissa: <http://www.debianadmin.com/install-mplayer-in-debian-sargeetch-and-sid.html>

MPlayer ja Mencoder käyttöohje. 2009. MPlayer Team [online]. [viitattu 20.09.2009] Saatavissa <http://www.mplayerhq.hu/DOCS/HTML-single/en/MPlayer.html#mencoder>

What is XviD?. 2009. XviDMovies.com [online]. [viitattu 12.09.2009] Saatavissa: <http://www.xvidmovies.com/info/>

Yle Tekniikka/Sanasto. 2006. YLE [online]. [viitattu 16.09.2009] Saatavissa: <http://yle.fi/tekniikka/?ID=114&group=114>

Suulliset lähteet:

Alaranta. J. 2008. Tietohallintojohtaja. SF-Data Osuuskunta.Haastattelu 21.5.2008